

⑤

Int. Cl.:

G 01 f

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



⑥

Deutsche Kl.: 42 e, 23/05

⑩

## Auslegeschrift 1 295 223

⑪

Aktenzeichen: P 12 95 223.7-52 (F 44383)

⑫

Anmeldetag: 6. November 1964

⑬

Auslegetag: 14. Mai 1969

⑭

Ausstellungsriorität: —

⑯

Unionspriorität

⑰

Datum: —

⑱

Land: —

⑲

Aktenzeichen: —

⑳

Bezeichnung: Nach dem Induktionsverfahren arbeitende Strömungsmeßeinrichtung

㉑

Zusatz zu: —

㉒

Ausscheidung aus: —

㉓

Anmelder: Fischer & Porter GmbH, 3401 Groß-Ellershausen

Vertreter: —

㉔

Als Erfinder benannt: Ketelsen, Broder L., 3401 Groß Ellershausen

㉕

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

»Journal of Applied Physics«, 25,  
1954, S. 817, 818

DR 1 295 223

• 5.69 909 520/153

Die Erfindung betrifft eine nach dem Induktionsverfahren arbeitende Strömungsmßeinrichtung mit einem Rohrstück aus Isoliermaterial oder aus nichtmagnetischem Metall mit Isolierauskleidung, einer Magnetanordnung und zwei diametral gegenüberliegenden Elektroden, die in einem das strömende Medium durchsetzenden, inhomogenen Magnetfeld liegen, das eine mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenachse in der Elektrodenebene von innen nach außen ansteigende, zur Strömungsrichtung senkrechte Feldkomponente hat.

Bei Strömungsanordnungen, die nach dem Induktionsverfahren arbeiten, hat man bisher durch besondere Maßnahmen ein homogenes Magnetfeld in der senkrecht zur Strömungsrichtung liegenden, durch die Elektrodenachse gehenden Fläche angestrebt, da man angenommen hat, daß durch ein homogenes Feld unabhängig vom Strömungsprofil einwandfreie Meßergebnisse erreicht werden können. Unter Strömungsprofil ist dabei die über den Rohrquerschnitt sich ergebende Geschwindigkeitsverteilung des strömenden Mediums zu verstehen. Ein rotationssymmetrisches Strömungsprofil besagt, daß in der Rohrachse die höchste Geschwindigkeit herrscht und zu den Rändern zu überall ein gleichmäßiger Abfall der Geschwindigkeit auftritt. Rotationssymmetrische Strömungsprofile herrschen nur in Leitungen mit kreisförmigen Querschnitten unter der Voraussetzung, daß keine einen wesentlichen Stau verursachenden Körper in die Strömung ragen. Das Strömungsprofil ist dabei abhängig von der Viskosität des strömenden Mediums, von dessen Strömungsgeschwindigkeit, vom Leitungsquerschnitt und von Abweichungen des Querschnitts durch Einragen von Körpern oder Krümmungen usw.

Es hat sich nun gezeigt, daß die Annahme, daß zu einer einwandfreien Messung bei jedem Strömungsprofil ein homogenes Feld Voraussetzung ist, nicht zutrifft. Dies ist insbesondere bei Messungen zutage getreten, bei denen das Meßelement unmittelbar hinter einem Schieber eingefügt wurde, wobei sich unter Verwendung eines üblichen homogenen Feldes erhebliche Meßfehler ergeben haben. Diese Meßergebnisse haben erkennen lassen, daß es nicht zulässig ist, die Meßelemente hinter stauverursachenden Ventilen, Rohrkümmern od. dgl. einzufügen, wenn die Messung innerhalb des zulässigen Toleranzbereiches von höchstens 1 % liegen soll.

Auf Grund dieser Erkenntnisse ist bereits vorgeschlagen worden, nahezu unabhängig vom Strömungsprofil und damit auch vom Einbauort des Meßelementes eine einwandfreie Messung der Strömungsgeschwindigkeit dadurch zu erreichen, daß man das Feld hinsichtlich seiner für die Messung maßgebenden Komponente so inhomogen gemacht hat, daß diese Feldkomponente nach außen hin zunimmt, d. h. die Feldkomponente nimmt mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenachse in der Elektrodenebene nach den Rohrwandungen hin zu.

Bei einer derartigen Modifizierung des Magnetfeldes wird der Umstand berücksichtigt, daß der Beitrag der einzelnen Volumenelemente der Flüssigkeit am Gesamtwert mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenachse abnimmt, unabhängig vom jeweiligen Strömungsprofil. Der andererseits in Richtung der Elektrodenachse von der Rohrmitte nach außen zu den Elektroden hin zunehmende Einfluß der Flüssigkeitsteilchen wird dabei nicht berücksich-

tigt, da das Feld bei der vorgeschlagenen Methode in dieser Richtung im wesentlichen konstant ist. Das hat den Nachteil, daß die Meßspannung noch nicht ganz unabhängig vom Strömungsprofil ist.

5 Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Meßeinrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, die jeweils bei gegebener Geometrie des Rohres in der Elektrodenebene und in ihrer Nähe eine der mittleren Geschwindigkeit der Flüssigkeit proportional Meßspannung liefert, gleichgültig welches Strömungsprofil vorliegt.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß dadurch gelöst, daß die Magnetanordnung so ausgebildet ist, daß die Feldkomponente in der Elektrodenebene 15 und in Ebenen parallel dazu in Richtung der Elektrodenachse von innen nach außen hin abnimmt und beide Feldgradienten so gewählt sind, daß in allen Punkten jeweils einer zur Strömungsrichtung senkrechten Querschnittsfläche das Produkt aus Feld- 20 komponente und Wertigkeit innerhalb der Ebene konstant ist, wobei diese an sich bekannte Wertigkeit den Einfluß der einzelnen Flächenpunkte auf die an den Elektroden auftretende Meßgröße darstellt.

25 Wenn es gelingen könnte, ein solches Magnetfeld zu erzeugen, das ausschließlich die Elektrodenebene durchsetzt, dann könnte eine solche Inhomogenität eine Messung erlauben, die praktisch fehlerlos ist, unabhängig davon, welchen Querschnitt das Rohr 30 hat, welche Strömungsverhältnisse herrschen und welche Oberflächenbeschaffenheit, d. h. Einragungen oder Einbuchtungen oder Verengungen od. dgl. vorhanden sind.

35 Da eine solche Felderzeugung jedoch praktisch nicht möglich ist, und andererseits die der Elektrodenebene benachbarten Ebenen mit einer ihnen entsprechenden Wertigkeitsverteilung — die für die Ebenen mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenebene stark abnimmt und sich auch in ihrer 40 Verteilung über die Ebenen ändert — an der Meß- 45 erzeugung beteiligt sind, wird ein solches räumliches Magnetfeld angestrebt, bei dem in den einzelnen Ebenen das Produkt aus senkrechter Feldkomponente und Wertigkeit für jedes Flächenteilchen einer Ebene gleich groß ist, wobei das Produkt in der Elektrodenebene am größten ist und in den benachbarten parallelen Ebenen mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenebene bis auf Null abnimmt. Bedingt ist diese Abnahme durch die Verringung der senkrechten Feldkomponente und die 50 Abnahme der Wertigkeit beiderseits der Elektrodenebene in Rohrlängsrichtung. Die Abnahme der Wertigkeit ist nur von der geometrischen Form der Meßstrecke und von der Form und Anordnung der Elektroden abhängig.

In Weiterbildung der Erfindung kann vorteilhafterweise die Feldinhomogenität so gewählt werden, daß die Summe der Produkte aus senkrechter Feldkomponente und Wertigkeit längs den Parallelen zur 55 Rohrlängsachse über dem ganzen Rohrquerschnitt möglichst konstant bleibt. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß die in den einzelnen Ebenen eventuell herrschende Abweichung von der Konstanz der Produkte ausgeglichen wird.

60 Eine gute Feldinhomogenität im Sinne der Erfindung kann mit einfachen Spulenformen dadurch erreicht werden, wenn man ebene oder leicht gekrümmte Spulen von etwa elliptischer oder rauten-

förmiger Gestalt verwendet, bei denen das Verhältnis Breite zur Länge vorzugsweise 0,5 bis 0,7 beträgt. Besonders vorteilhafte Ergebnisse sind mit Spulen zu erreichen, deren längste Erstreckung im Mittel etwa dem Rohrdurchmesser eines kreisförmigen Rohres entspricht, wobei die mittlere Breite etwa 0,6 der Länge gewählt ist. Jede dieser Spulen ist parallel zur Elektrodenachse mit ihrer Längsrichtung quer zur Rohrachse planparallel angeordnet.

Bei kleineren Rohrnennenweiten können plane, parallel zueinander liegende runde Spulen benutzt werden, bei denen das Verhältnis von mittlerem Spulendurchmesser zum Rohrdurchmesser mit zunehmendem Spulenquerschnitt und/oder abnehmenden Nennweiten zunimmt und für mittlere Nennweiten insbesondere Werte im Bereich zwischen 0,8 und 1,5 erhält.

Die Erfindung ist in der Zeichnung an Hand eines Ausführungsbeispieles veranschaulicht. Es zeigt

Fig. 1 Kurven konstanter Wertigkeit in der Elektrodenebene,

Fig. 2 Kurven konstanter Wertigkeit in einer Ebene parallel zur Elektrodenebene ein Fünftel des Rohrdurchmessers davon entfernt,

Fig. 3 Kurven konstanter Feldstärke für die senkrechte Feldkomponente bei einer Felderzeugung gemäß der Erfindung,

Fig. 4 und 5 Anordnung und Form einer Magnetanordnung mit rautenförmigen Spulen.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß jedes Flüssigkeitsteilchen an jeder Stelle einer x-y-Ebene den gleichen Anteil am Gesamtwert erzeugen sollte, was gemäß der Beziehung

$$dU = W(x, y) \cdot B(x, y) \cdot v(x, y) \cdot dx \cdot dy$$

mit  $W \cdot B = \text{const.}$  an jeder Stelle erreichbar ist.

Für die Meßspannung in der x-y-Ebene gilt dann die Beziehung:

$$U = \int dU = W \cdot B \iint v \, dx \, dy = WB \cdot v_0 F.$$

In der Gleichung bedeutet:

$dU$  = den Meßwertanteil eines Volumenelements an der Stelle  $(x, y)$ ,

$B(x, y)$  = örtliche senkrechte Magnetfeldkomponente,

$W(x, y)$  = die örtliche Wertigkeit,

$v(x, y)$  = die örtliche Geschwindigkeit des Mediums,

$dx \cdot dy$  = Fläche eines Volumenelements in der x-y-Ebene,

$v_0$  = mittlere Geschwindigkeit und

$F$  = Querschnittsfläche in der Elektrodenebene.

In Fig. 1 ist für ein Beispiel die Wertigkeit in der Elektrodenebene dargestellt und zwar für einen kreisrunden Rohrquerschnitt. Die Verteilung ist symmetrisch zu den beiden Koordinatenachsen  $x$  und  $y$ . Der Wert »Eins« für die Wertigkeit ist im Schnittpunkt der beiden Koordinaten liegend gedacht. Ihr Wert nimmt zu in Richtung der  $y$ -Achse (Ordinate) zu den

Elektroden — die an beiden Endpunkten der Ordinate befindlich zu denken sind — auf etwa den Wert Acht in der Nähe der Elektroden.

Von der  $y$ -Achse (Abszisse) nimmt vom Koordinatenprung ausgehend die Wertigkeit nach außen hin ab.

Diese Ortskurven bestimmter Wertigkeit sind bei den Wertigkeiten größer als »Eins« Teile einer angenäherten Ellipse und für die Wertigkeit »Eins« Teile

10 einer Lemniskate, während sie für die unter »Eins« liegenden Wertigkeiten zur Ordinate symmetrisch liegende Kurvenzüge bilden, die in der Abszisse und in der Nähe der Elektroden zur Ordinate hin eingebuchtet sind. Die Einbuchtungen werden zum

15 Rand des Rohres hin kleiner. An den Elektroden selbst herrschen unbestimmbare Verhältnisse, da theoretisch jeder Wertigkeitsbereich vorhanden sein müßte. Der auf die Elektrodenebene bezogene Wertigkeitsverlauf gemäß Fig. 1 ändert sich in den be-

20 nachbarsten Ebenen gemäß Fig. 2, wobei die Fig. 2 den Verlauf für eine Ebene zeigt, die einen Abstand von einem Fünftel des Rohrdurchmessers parallel zur Elektrodenachse hat. Die Form der Kurven gleicher Wertigkeit ist etwa ähnlich der Form nach

25 Fig. 1, jedoch sind die Größen wesentlich verschieden, wobei jedoch das Übereinstimmende darin besteht, daß auch in diesem Falle auf der Abszisse nach außen zu die Wertigkeiten abnehmen, während sie auf der Ordinate zu den Elektroden hin zu-

30 nehmen, jedoch in einem wesentlich geringeren Umfang. Von etwa halbem Rohrdurchmesserabstand von der Elektrodenebene an fällt die Wertigkeit in Richtung der beiden Koordinatenachsen zur Rohrwand hin ab.

35 Für die Elektrodenebene müßte theoretisch der Verlauf der Inhomogenität der senkrechten Komponente des Feldes gemäß Fig. 1 und für eine im Abstand eines Fünftels des Rohrdurchmessers liegende Ebene gemäß Fig. 2 mit reziproken Werten gewählt

40 sein. Die mit verschiedenen Zahlenwerten bezeichneten Kurven nach Fig. 3 sollen Ortskurven bestimmter Werte der senkrechten Feldkomponenten sein; sie zeigen die Feldinhomogenität, die zur Erzielung der gewünschten Konstanz des Produktes

45 Wertigkeit mal senkrechte Feldkomponente angestrebt wird.

In Fig. 4 und 5 ist in Draufsicht und im Schnitt senkrecht zur Rohrachse eine elliptische oder etwa rautenförmige Spulenform gezeigt, wobei die

50 beiden Spulen 1 und 2, die in sich parallel und eben sind, zur Elektrodenachse 3-3 parallel liegen und eine Längserstreckung haben, die im Mittel dem Durchmesser des Rohres 4 entspricht.

Die größte Breite dieser elliptischen oder rauten-

55 förmigen Spulenform beträgt im Mittel etwa 0,6 des Rohrdurchmessers. Diese Spulenform eignet sich für kreisförmige Rohrdurchmesser. Für davon abweichende Rohrdurchmesser ergeben sich nur geringe Änderungen des Inhomogenitätsverlaufs, wobei noch

60 eine Anpassung an Querschnitte, die von kreisförmiger Form abweichen, dadurch möglich ist, daß die Enden der rautenförmigen oder elliptischen Spulen nach oben abgebogen bzw. zu den Rohrwandungen

an den Enden abgewinkelt werden oder daß noch zusätzliche, nicht dargestellte feldverzerrende Eisen-

65 teile entweder im Zwickel 5 zwischen Rohr 4 und Spulen 1, 2 oder in der Nähe der Elektroden angeordnet sind.

## Patentansprüche:

1. Nach dem Induktionsverfahren arbeitende Strömungsmeßeinrichtung mit einem Rohrstück aus Isoliermaterial oder aus nichtmagnetischem Metall mit Isolierauskleidung, einer Magnetanordnung und zwei diametral gegenüberliegenden Elektroden, die in einem das strömende Medium durchsetzenden, inhomogenen Magnetfeld liegen, das eine mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenachse in der Elektrodenebene von innen nach außen ansteigende, zur Strömungsrichtung senkrechte Feldkomponente hat, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung (1, 2) so ausgebildet ist, daß die Feldkomponente in der Elektrodenebene und in Ebenen parallel dazu in Richtung der Elektrodenachse (3-3) von innen nach außen hin abnimmt und beide Feldgradienten so gewählt sind, daß in allen Punkten jeweils einer zur Strömungsrichtung senkrechten Querschnittsfläche das Produkt aus Feldkomponente und Wertigkeit innerhalb der Ebene konstant ist, wobei diese an sich bekannte Wertigkeit den Einfluß der einzelnen Flächenpunkte auf die an den Elektroden auftretende Meßgröße darstellt. 25

2. Strömungsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung (1, 2) so ausgebildet ist, daß die Feldinhomogenität symmetrisch zur Elektrodenebene entsprachend der mit zunehmender Entfernung von der Elektrodenebene in der Richtung parallel zur Elektrodenachse (3-3) auftretenden Abnahme der Wertigkeit so ansteigt, daß das Produkt aus Wertigkeit und Feldkomponente innerhalb jeder Ebene konstant ist. 35

3. Strömungsmeßeinrichtung nach den Ansprüchen 1 und 2, gekennzeichnet durch eine der-

artige Magnetanordnung, daß die Summe aller Produkte aus Wertigkeit und senkrechter Feldkomponente längs den Parallelen zur Rohrachse über den ganzen Rohrquerschnitt konstant ist.

4. Strömungsmeßeinrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung beiderseits des Rohrstückes (4) je eine zur Elektrodenebene symmetrische Spule (1 und 2) aufweist, die in der Symmetrieachse länger als in der dazu senkrechten Achse ist und die sich nach den Enden der Symmetrieachse hin verjüngt.

5. Strömungsmeßeinrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jede Spule (1 und 2) in sich eben ist und angenähert rautenförmig oder elliptische Form hat.

6. Strömungsmeßeinrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von mittlerer Breite zur mittleren Länge der Spulen zwischen 0,5 und 0,7 gewählt ist.

7. Strömungsmeßeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis von mittlerer Breite zu mittlerer Länge etwa 0,6 beträgt, wenn die mittlere Länge der Spule etwa gleich dem Rohrdurchmesser ist.

8. Strömungsmeßeinrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetanordnung bei kleinen Durchmessern des Rohres (4) aus zwei an sich bekannten planen runden Spulen (1 und 2) besteht, die beiderseits des Rohres symmetrisch zur Elektrodenachse (3-3) und zueinander parallel angeordnet sind und deren Verhältnis vom mittleren Spulendurchmesser zum Rohrdurchmesser mit zunehmendem Spulenquerschnitt und/oder abnehmendem Rohrdurchmesser zunimmt und für mittlere Rohrdurchmesser insbesondere Werte zwischen 0,8 und 1,5 hat.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

Nummer: 1 295 223  
Int. Cl.: G 01 f  
Deutsche Kl.: 42 e, 23/05  
Auslegetag: 14. Mai 1969

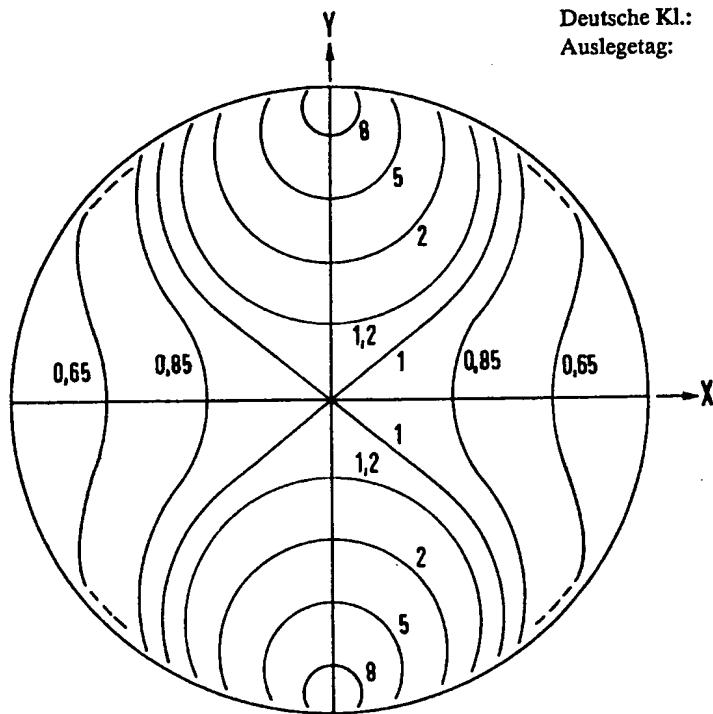


Fig. 1

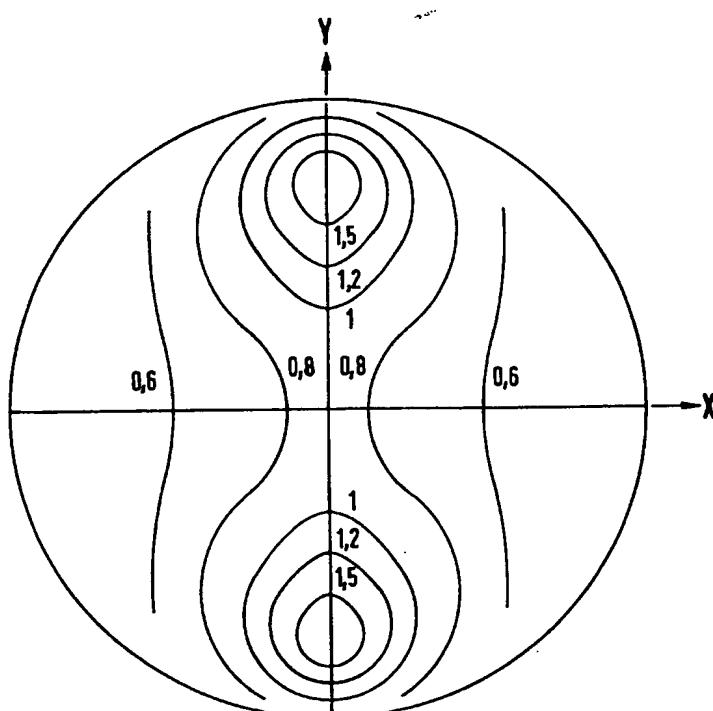


Fig. 2

Nummer: 1 295 223  
Int. Cl.: G 01 f  
Deutsche Kl.: 42 e, 23/05  
Auslegetag: 14. Mai 1969

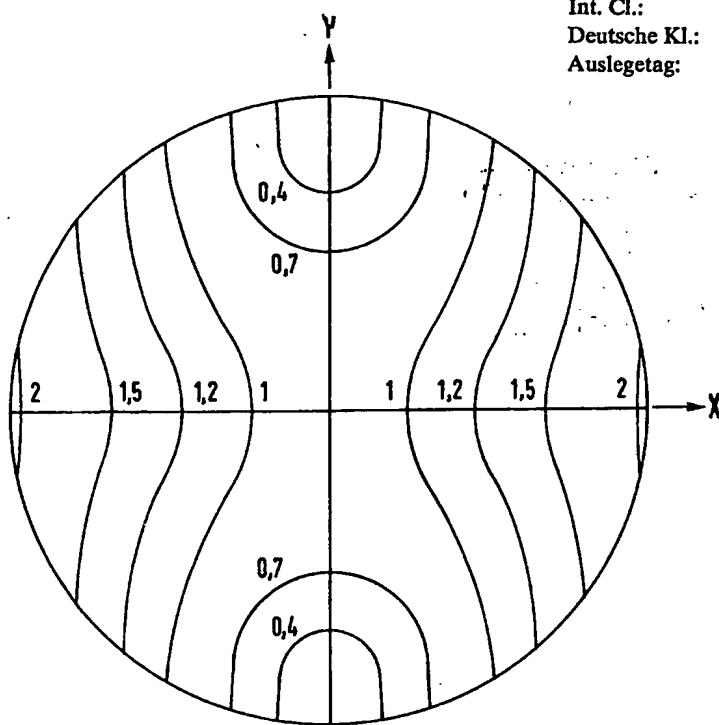


Fig. 3

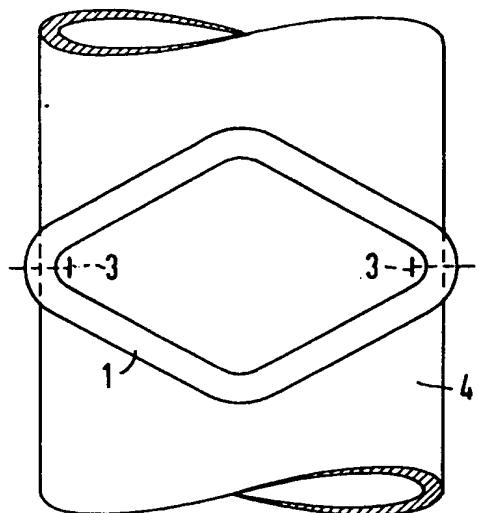


Fig. 4

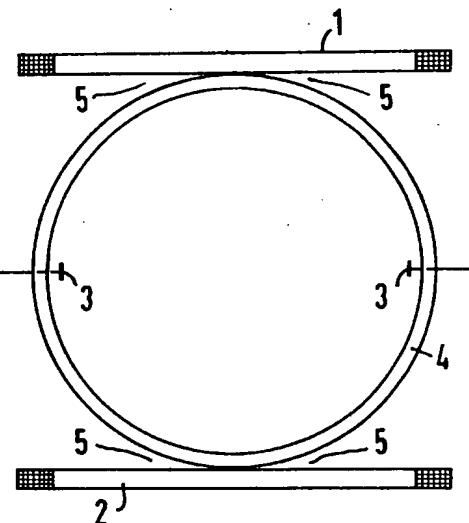


Fig. 5